

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-267231

(43)Date of publication of application : 15.10.1993

(51)Int.CI.

H01L 21/302  
C23F 4/00

(21)Application number : 04-065745

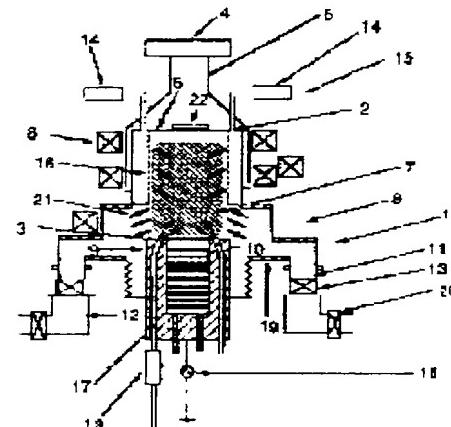
(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 24.03.1992

(72)Inventor : KOTO NAOYUKI  
TSUJIMOTO KAZUNORI  
KUMIHASHI KOSEI  
TAJI SHINICHI**(54) SYSTEM FOR DRYETCHING DOPED WITH LOCAL TRACE GAS****(57)Abstract:**

**PURPOSE:** To conduct vertical and high-sensitivity etching and to prevent adverse influences of gas doping such as contamination by enhancing controllability of trace gas doping in etching.

**CONSTITUTION:** A system provided with a doping gas introduction port 3 at a position within 1/2 of a mean free path from a wafer 10 in addition to an etching gas introduction port 2 and adjusting the time of gas residence in the treatment chamber at 100msec or less. And, this system is used to conduct etching by doping with an etching gas of 500sccm or more and a doping gas of 1/20 or less of the etching gas or 10sccm under a 1-10mTorr gas pressure. This process enables the adsorption quantity of side wall passivation films and etching radicals to be controlled at the level of several-atomic layer, thereby conducting vertical etching.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 24.08.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-267231

(43)公開日 平成5年(1993)10月15日

| (51)Int.CI. <sup>5</sup> | 識別記号      | 序内整理番号 | F I | 技術表示箇手 |
|--------------------------|-----------|--------|-----|--------|
| H 01 L 21/302            | B 7353-4M |        |     |        |
| C 23 F 4/00              | D 8414-4K |        |     |        |
| H 01 L 21/302            | J 7353-4M |        |     |        |

審査請求 卡請求 請求項の数16(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-65745  
(22)出願日 平成4年(1992)3月24日

(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72)発明者 小藤 直行  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 近本 和典  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 祖橋 孝生  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(74)代理人 千里士 小川 勝男

最終頁に続く

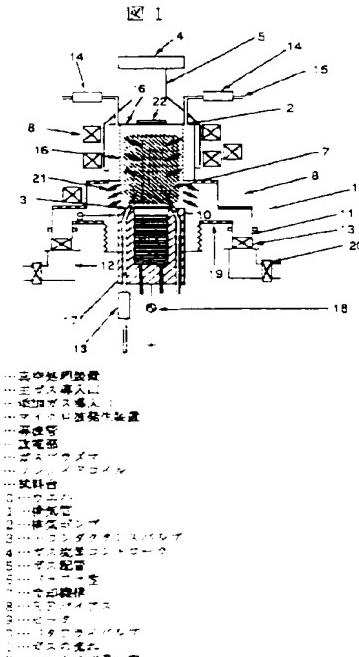
(54)【発明の名称】 局所微量ガス添加ドライエッチング装置

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 エッチングにおいて微量ガス添加の制御性を上げ、垂直、高選択エッチングを行なう。同時に、汚染などのガス添加の悪影響をなくす。

【構成】 エッチングガスの導入口2とは別に、添加ガス導入口3をエニハ1.0から平均自由行程の1/2以内の位置に設け、処理室の内のガス滞在時間を1.0~0 msec以下にした装置、およびこの装置を用いて、1~1.0 cm Torrのガス圧で、エッチングガスを5.0~0 sec以上、添加ガスをエッチングガスの1/10以下もしくは1.0 secに添加して、エッチングする。

【効果】 液膜保護膜やエッチングガスの吸着量が数原子層以下で制御可能となり、垂直性エッチングが可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空処理室、前記真空処理室内に処理ガスを導入する機構、前記処理ガスの流量を調節する機構、前記処理ガスを前記真空処理室外に排する機構、排気ロリダクタリヤを可変にする手段、並用される試料を保持する機構、および高周波放電またはイオノ波放電でガスアラバヤを発生させる機構を有し、前記アラバヤによる前記試料を処理するエーチング装置において、振動排気速度が1300 cm/sec.以上になるような排気ポンプを用い、玉ガスを供給するためのガス導入口を有し、前記ガス導入口から離れた場所に、依次に玉ガスの1/20以下の微量の添加ガスを供給することができるガス導入口を有することを特徴とする局所微量ガス添加エーチング装置。

【請求項2】 請求項1において、前記玉ガスおよび前記添加ガスの全ガス圧を1.0 atm (Tor)以下にして、前記真空処理室のガス滞在時間を1.0 msec以下にしてドライエッチング方法。

【請求項3】 請求項1において、前記添加ガス導入口の位置および吐き出し角を可変にするエーチング装置。

【請求項4】 請求項1において、前記添加ガス導入口を、前記基板からガス平均自由行程以内でかつ20cm以内の距離で、基板中心から仰角45度以下的位置に設けるドライエッティング装置。

【請求項5】 請求項4において、前記添加ガス導入口の中心軸の向きを基板面に対して仰角り～90度に設定し、前記ガス導入口を前記基板の周辺に左右でなくとも、3個以上設けるドライエッティング装置。

【請求項6】 請求項1において、前記添加ガス導入口を、前記基板から平均自由行程以内の距離で、前記基板の中心から仰角45度～60度の位置に、少なくとも3個以上、回転対称状に設けるドライエッティング装置。

【請求項7】 請求項6において、前記添加ガス導入口の中心軸の向きを、前記基板面に対して大角り～90度の範囲で、前記基板上での添加ガスの分布が最も均一となる角度に設定するドライエッティング装置。

【請求項8】 請求項1において、前記添加ガス導入口2から1.0 secm以下の微量添加ガスを誤差±1 secm以下の精度で基板に供給するガス添加手段。

【請求項9】 請求項8において、前記添加ガス導入手段が、前記添加ガスをバルス幅500 msec.以下で間歇的に充填する機構を備えたドライエッティング装置。

【請求項10】 請求項9において、前記ガス導入口が喉部径0.3mm以上のラジカルガラス管、オーバルガラス管、下のスチール構成されており、前記ガラス管の中心軸と前記ガラスのオーバル管を通して基板に向てするドライエッティング装置。

【請求項11】 請求項1において、前記添加ガス導入口の肺狀槽の温度を室温以下にするエーチング装置。

【請求項12】 請求項11において、前記ガス導入口を、前記基板から1/20のガス平均自由行程以下の距離で、基板中心から仰角45度以下的位置に設けるドライエッティング装置。

【請求項13】 請求項12において、前記ガス導入口に供給されるガスの圧力が1気圧以上であるドライエッティング装置。

【請求項14】 請求項13において、前記エーチング装置で、前記基板の中心軸に対してガス導入口は反対側に、鏡面加工が施された反射板を有し、その反射板の法線が基板の方向を向いているドライエッティング装置。

【請求項15】 請求項14において、前記基板の背面に鏡面加工が施された放物面物の反射板を有し、前記放物面の焦点が前記基板面内にあり、前記基板面の法線が排気口の方向を向いているドライエッティング装置。

【請求項16】 請求項14または15において、前記反射板としてX線用ミラーを用いるドライエッティング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0.0.0.1】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体素子の微細加工を行なうドライエッティング装置に関して、極微量の添加ガスを、導入量の制御性を高くして基板表面に供給し高精度なドライエッティングを行う装置に関する。

## 【0.0.0.2】

【従来の技術】 通常のアラバヤを用いたエッチングには、Si表面に吸着したラジカルと熱エネルギーにより活性化してのエーチング反応(ラジカル反応)、吸着したラジカルがイオンの照射で活性化され進むエーチング反応(イオンアシスト反応)、イオンが物理的にエッチングする反応(物理スリット反応)の三つの反応が共存している。この内、ラジカル反応は等方的で、アンダーカットの原因となるため、抑制されなければならない。

【0.0.0.3】 この抑制方法の一つに、堆積性ガスを添加する方法がある。これには、堆積性のガスを直接添加する方法と、堆積性のガスとエッチング性のガスの化合物をプラズマ中に供給し、間接的に堆積性のガスを添加する方法に二つがある。

【0.0.0.4】 前者を例として、プロシーディング「オブシングガスユーム オン ドライプロセス(Proc. of Symp. on Dry Process, p. 1-1428 (1985))」がある。

【0.0.0.5】 これは、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスにCH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>を添加して重結合ラジカルをエーチングしたものである。エーチング側壁では、このC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>による重合膜が堆積し、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ラジカルによるアンダーカットから側壁を保護する。一方、底面では、イオノ照射による重合膜が除去され、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>によるエーチングが進む。添加量20%で垂直形状が得られることが報告されている。

【0.0.0.6】 後者を例として、シーケンサードライエ

ヨーム・ザーベルス・テクノロジー [Joum·S·Techno·Technology] が 1971 年 1 月 8 日に提出する。これは複合ガスに ECR を用いてガス導入口を垂直性エーチングするものである。以下、これは以下の文の中で解説してエーチング種と堆積性の種に ECR を主とする。底面では、CVD テクノロジーによる CVD エーチングが進む。他方、側面では、CVD による重合膜中に CFC-E-CFC の再結合により、CVD テクノロジーによるアシダーガスでから側壁を保護する。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来のガス添加方法では、基板から 1 cm 離れた導入口から添加ガスが供給され、反応室全体に擴がるため、基板上で所望の量のガスを添加するためにはエーテンガス約 10% 以上という多量のガスを添加する必要があった。さらに処理容器内容積が 200 ~ 300 l で、排気速度が 1.0 ~ 5.0 l / sec であったため、処理室内滞在時間が 4.0 ~ 6.0 sec ~ 3 sec と長く、堆積性ガスが添加された場合、処理室の内壁やウエハの汚染が生じ易い問題があつた。また、エッティングガスの 1/20 以下の微量ガスを制御するためには、ガス導入口と基板表面が離れすぎているため、基板表面でのガスの濃度の高精度の制御が困難であった。本発明は、これを従来ガス添加法の諸問題を解決することを目的とする。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】主ガス導入口 1 と離れた位置に添加ガス導入口 2 を設け、添加量を主ガスの 1/20 以内にした。この添加ガス導入口 2 の構成には下記の通りがある。

【0009】(1) 添加ガスの導入口 2 を、被エッティング試料から平均自由行程の 1/2 以内の距離で、前記試料中心から仰角 4~5 度以下の位置に回転対称状に設け、前記導入口の吹き出し口を前記試料直上の ECR 面に向ける。すなわち、前記導入口が前記試料面に対して 0 ~ 90 度の仰角をなすように設定する。

$$\theta = C \cdot \cos(\theta_0 + \phi)$$

$\theta$  は導入口中心軸が基板面と角、 $\phi$  は基板面と添加ガス方向となす角度である。

【0010】また、ガス導入口 2 から基板 24 までの間でガス分子の衝突は無視している。以下このモデルに従って計算を行なった。図 3 は 4 inch 基板 24 (1 = 4 inch) から基板面に平行で、 $w = 1$  cm、垂直方向  $h = 3$  cm 離れたガス導入口 2 が基板面に対して仰角 5 度で入射させた場合について、基板面へ入射する添加ガス量の分布を計算して結果を示したものである。

$$\phi = F_{\max} - F_{\min}, \quad F_{\max} = F_{\min}$$

$F_{\max}, F_{\min}$  はそれぞれ基板上に添加ガス入射量の最大値及び最小値である。ガス導入口を水平面上に設けて場合  $\phi = 0$  の要す場合に最も効率的な添加を行なえることがわかる。

【0011】(2) 添加ガス導入口 2 を、被エッティング試料から平均自由行程の 1/2 以内の距離で、前記試料中心から仰角 4~5 度以下の位置に回転対称状に設け、前記導入口が被エッティング試料面に対して 0 ~ 90 度の仰角をなすように設定した。

【0012】(3) 添加ガス導入口 2 を被エッティング試料から 1.0 cm 以上平均自由行程以内の距離に設置し、前記導入口から導入されたガス流の中心部が、前記エッティングガスを用いて被エッティング試料に入射するよう最適化する。すなわち、添加ガスの基板への入射角を 45 度以下にし、添加ガスの反射方向に鏡面加工面を施した反射板を設け、その法線が基板に向くように設定する。さらに、基板の背面に鏡面加工を施した放物面状の反射板を設け、その頂点が基板面内にあり、基板面の法線が排気口の方向を向いているように設定する。

【0013】また、上記の装置において、実効排気速度を 0.001 ~ 1 / sec 以下、処理室の容積を 100 l 以下にして、エッティング中の総ガス圧を 1.0 mTorr 以下にした。

#### 【0013】

【作用】制御性良くガス添加をする方法には二つの方法が考えられる。一つはガスを基板の数 cm の近傍から添加ガスを導入する方法であり、もう一つは、数十 cm 離れた位置から高方向性の添加ガス流を導入する方法である。

【0014】ここでは、基板近傍から添加ガスを導入する方法について考え方を説明する。基板近傍でガス添加を行なう場合、基板上でのガス分布の均一性が問題となる。図 4 はガス添加装置の一次元モデルを示す。ここで、導入口 23 からのガスの入射量の角度依存性は次式に従うものとしている。

#### 【0015】

##### 図 1

図 1 は、基板 24 の近くでガスを添加する場合、導入口 23 を基板 24 に向けると、平均的な添加になってしまふことがある。

【0016】図 4 はこの系 ( $h = 3$  cm,  $w = 1$  cm,  $l = 4$  inch) においてガス導入口 23 の角度  $\theta$  を  $-90^{\circ}$  度 ~  $90^{\circ}$  度範囲で変化させた場合の、基板 24 上でのガス添加の均一性の変化を示している。ただし、不均一度は次式で表される。

#### 【0017】

##### 図 2

【0018】図 2 は、この極めて簡単な設計、導入口が基板中心を向いておらず、 $h = 1$  cm,  $w = 1$  cm,  $l = 4$  inch に対する角度依存性を示す。その結果から、 $h = 1$  cm の領域でなれど、基板中心から仰角 45 度の

下の位置にガス導入口を設ける場合には、ガス導入口の向きを水平より上方に向かう時に、均一な添加がなされることがわかる。一方、 $\theta = 1^\circ$  の領域、すなはち、基板中心から仰角 $45^\circ$ の位置にガス導入口を設ける場合には、添加ガス導入口の向きを水平より下方に向かう時に均一な時に均一に添加できる。

【0020】 図からは、この極小となる $\theta$ における不均一度および基板中心での添加ガス供給量と、 $\theta = 0^\circ$  ( $w = 1$ ) との関係を示している。不均一度は、 $\theta = 0^\circ$  ～  $1^\circ$  で急激に減少し、 $\theta = 1^\circ$  であまり変化しないことがわかる。また、基板中心での添加ガス供給量は、 $\theta = 1^\circ$  程度で極大値をとることがわかる。従って、 $\theta = 1^\circ$  ～  $2^\circ$  の範囲、すなはち、基板中心から仰角 $45^\circ$  ～  $55^\circ$  の位置が、添加ガス導入口を設置するときに最も最適な位置である。添加ガス導入口向きは、 $\theta = 0^\circ$  ～  $30^\circ$  が良いことがわかる。

【0021】 容器内ガス圧が 1 mTorr 以上で平均自由行程が cm 以下と短い場合には、基板とガス導入口との距離が平均自由行程より短くなるように、 $\theta \leq 1^\circ$  の位置にガス導入口を設け、導入口を水平より上方に向けることで、均一な添加をすることができる。さらに、導入口が基板直上の ECR 面に向かうことで、添加ガスが効率良く ECR 面に供給されるため、添加ガスの解離効率は高い。生成されたラジカルの基板への到達率も大きくなる。

$$\tau = V/S$$

ここで、V は真空処理室の容積、S は実効排気速度である。従来装置では排気速度が 1.0 ～ 5.0 1/sec で真空処理室容積が 2.0 ～ 3.0 1 程度であったため、ガスの滞在時間は 4.0 ～ 3.0 1/sec であった。本発明では、排気速度 2.5 ～ 0.1 1/sec、処理室容積 1.0 ～ 1.1 以下であるためガスの滞在時間が 1.0 ～ 0.1sec 以下と小さくなっている。

【0026】 また、供給された添加ガスが効率良く基板に供給されるため、1.0 sec 以下の量の添加ガスを誤差 0.1 sec 以下の精度で基板に添加することができる。したがって、数原子層のラジカル吸着を制御することも可能である。

#### 【0027】

##### 【実施例】

実施例 1： 本発明による簡便ガス添加マイクロ波エニシング装置の実施例を図 1 に示す。真空処理室 1 にガス導入口 2 を通じてモニタガスを、ガス導入管 3 から添加ガスを導入し、マイクロ波発生器 4 で 2.4 ～ 14 GHz の高周波を発生させ、これを導波管 5 により放電部 6 に輸送してガスプラズマを発生させる。高効率放電のために磁場発生用アンテナ 7 とドロップ 8 が放電部 6 に配置され、電子カウントローラ 9 が鳴らしに高密度アーチ放電が発生される。放電部には試料台 10 が、これに配置されたエレクトロード 11 をガス導入管 3 によって処理する。処理後のエレクトロード 11 はガス導入管 3 から、添加

される。

【0028】 容器内ガス圧が 1 mTorr 以上で平均自由行程が cm 以下の場合には、 $\theta = 1^\circ$  の範囲ではガス導入口を水平より下方に向かう角度を最適化することで、均一な高効率ガス添加ができる。

【0029】 このような、ガス添加の高効率化によることにより、エレクトロード 11 の以下の微量で十分な添加効果が得られる。一方、排気速度を従来の 1.0 ～ 5.0 1/sec から 0.1 1/sec 以上に増やすことで、1.0 mTorr 以下の数 1.0 sec 程度の量のエレクシングガスを流すことができ、高速度の高効率性のエレクシングができる。さらに、下記の効果により、反応生成物や余分な堆積性ガスが処理室内滞在時間が 1.0 ～ 0.1 sec 以下に短縮されるなど、さらに基板対面に放物面状の反射板 6 を設け、反応生成物を効率良く排気口に輸送することで、エレクトロード 11 の処理室の汚染を軽減できる。特に、処理室のガス圧が 1 mTorr から 1.0 mTorr の場合は、添加ガスの平均自由行程が 5.0 以下になり、添加ガスの基板付近からの発散が抑制され、処理室の汚染は、さらに減少する。

【0030】 ガスの処理室内滞在時間は、次式で表される。

#### 【0031】

$$\cdots (3)$$

ガスは導入口 2 からそれぞれ、放電部 6、真空処理室 1 を経て排気管 1-1 から排気ポンプ 1-2 により真空処理室外へ排出される。

【0032】 これ際、コレダクタンクバルブ 1-3 を可変にすることにより、排気速度を変えることができる。エレクシングガスはガス流量コントローラ 1-4 を通じガス配管 1-5 を経てガス導入口 2 からメッシュ由の小孔の開いたバッファ室 1-6 を通して放電部 6 へ導入される。ガス導入口 2 は 2 個以上設け、放電部中心軸に対して対称配置した。添加ガスは、ガス流量コントローラ 1-4 を通じガス配管 1-5 を経てウエハ 1-9 の周囲に備えられたガス導入口 3 を通して放電部 6 の底部へ供給される。このとき、ガス導入口の瞬気層の温度が室温以下になるように設定した。ガス導入口 3 はウエハ 1-9 の 5mm 外側に 6 個以上設け、ウエハ中心に対して回転対称配置し、ウエハの中心から 5mm 離上に向けられて、そのウエハは 0°C 以下に冷却する機構 1-7 が備えられ、1.3 ～ 1.6 MHz から 4.0 ～ 4.5 KHz の RF フィールドを印加できる。真空処理室にはヒーター 1-8 が付いており、これにより加熱できる。

【0033】 排気ガラフには排気速度 0.1 ～ 0.5 1/sec フルードモードを用い、実排気速度 4.0 ～ 5.0 1/sec にして放電部、真空処理室、排気管 1-1 からダクタ 1-2 までの總排気口ダクタ 1-3 は 4.0 ～ 5.0 1/sec とした。この時、実効排気速度は 0.1 ～ 0.5 1/sec とな

secである。また、放電部、真空処理室、排気管の総容積は1.5Lである。真空処理室内での滞在時間は前述実施例3より、50msecである。

【003-3】この装置を用いて、S1トランジスタに用いられるSi: 単結晶のエッチャングを行なった。試料はSi: 基板を50.0mmの厚さの熟酸化し、その上にアモルファスガラスを形成し、酸化膜を、エチチングした後、アモルファスを除去してSi:O<sub>x</sub>マスクを形成したものを用いる。主ガスにはエチチングガスであるC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>を、添加ガスには堆積性ガスO<sub>2</sub>を用い、主ガス流量5.0ccm, 縮孔圧5.0mTorr, マイクロ波電力5.0CW, RFバイアスは2MHzで2.0W, 基板温度は室温にしてエッチャングを行なう。磁場強度分布は上方から下方に向けて小さく、EとR条件を満たす8.75cm<sup>2</sup>の位置はウエハの上方4mmであった。

【003-4】添加ガス量を無添加から2%まで変化させた時のアンダーカットの添加ガス量依存性を図7に示す。アンダーカットは無添加時では0.2μmであったが、添加ガス量の増加とともに減少し、2%では0.02μm以下になってしまった。この時のエッチャング速度は、無添加で1.000nm/secであり、添加ガスの流量に対してほとんど減少せず、2%の場合でも9.00nm/sec以上のエッチャング速度が維持された。また、処理室内壁面に堆積物は認められなかつた。

【003-5】2%ガス添加のエッチャングにおいて、添加ガス供給口と基板との距離に対する、アンダーカットの変化を図8に示す。添加の効果は、導入口と基板との距離が2cm以下の場合は顕著に現われた。

【003-6】本実施例では、主ガスとしてエッチャングガスC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>を、添加ガスとして堆積性ガスO<sub>2</sub>を、基板としてSi(100)を用いたが、他の半導体や、金属、絶縁膜をエッチャングする場合にも、主ガスとしてC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>以外のエッチャングガスを用いた場合にも、添加ガスとしてO<sub>2</sub>以外のカーボンを含む堆積性のガスを用いた場合にも、同様の効果が得られる。

【003-7】(実施例5) 図1の装置を用いてSiトランジスタに用いられるSi: 単結晶のエッチャングを行なった。試料は実施例1と同様のもので、主ガスとして不活性ガスAr, 添加ガスとしてSi上のエッチャング種C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>をそれぞれ用い、主ガス流量5.0ccm, ガス圧力0.5mTorr, マイクロ波電力5.0W, RFバイアス2MHz(2.0W), 基板温度は室温とし、添加ガス流量0.8secでエッチャングを行なった。この時、アンダーカットは0.15μm以下であった。

【003-8】この結果は次のように説明される。C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>ガスを添加ガス導入する場合、4secの微量送給した場合、その距離で生じたラグ時間で大部分の基板上に吸着し、その吸着量は数原子層になる。この場合、Ar<sub>1</sub>です。この照射されたエチチング表面はイオノアーバー効果によりエチチングが抑制された。一方、エチチング底面では酸化膜がイオノ照射により除去されたため、エッチャングが進行する。一方、イオノの照射されない側面では酸化膜はC<sub>2</sub>ラグガスに対して側壁保護膜として働くため、アンダーカットが抑制される。さらに、O<sub>2</sub>添加は、Si:O<sub>x</sub>のエッチャングを促進するカーボンを反応除去するため、SiとSi:O<sub>x</sub>の選択性が大きくなる。

【003-9】また、本実施例では基板としてSi, 主ガスとしてAr, 添加ガスとしてO<sub>2</sub>を用いたが、他の半導体や金属、絶縁膜のエッチャングでも、また、主ガスとしてAr以外の不活性ガスを用いた場合にも、添加ガスとしてO<sub>2</sub>以外のエッチャングガスを用いた場合にも、同様の効果が得られる。

【003-10】実施例3(図1)の装置を用いてSiトランジスタに用いられるSi: 単結晶のエッチャングを行なった。試料は実施例1と同様のもので、主ガスとしてO<sub>2</sub>, 添加ガスとしてC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, 主ガス流量5.0ccm, ガス圧力5mTorr, マイクロ波電力5.0CW, RFバイアス2MHz(2.0W), 基板温度は室温とし、添加ガス流量0.8secで深さ1.2mmのトレンチ形状のエッチャングを行なった。この時のアンダーカットは0.10μm以下。SiとSi:O<sub>x</sub>の選択性比は、2.0以上であった。

【003-11】この結果は、次のように説明される。実施例2の場合と同様にしてラグガスが吸着し、数原子層の酸化膜が形成される。エッチャング底面では酸化膜がイオノ照射により除去されたため、エッチャングが進行する。一方、イオノの照射されない側面では酸化膜はC<sub>2</sub>ラグガスに対して側壁保護膜として働くため、アンダーカットが抑制される。さらに、O<sub>2</sub>添加は、Si:O<sub>x</sub>のエッチャングを促進するカーボンを反応除去するため、SiとSi:O<sub>x</sub>の選択性が大きくなる。

【003-12】本実施例では基板としてSi, 主ガスとしてC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, 添加ガスとしてO<sub>2</sub>を用いたが、他の半導体や金属をエッチャングする場合にも、また、主ガスとしてC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>以外のエッチャングガスを用いた場合にも、添加ガスとしてO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O等のオキシダントを用いた場合にも、同様の効果が得られる。

【004-1】(実施例4) 図9は、数十cm離れた位置から、高方向性の添加ガスを導入した実施例を示すモデル図である。高方向性の添加ガス流はラバーブランセルからのガス流が中心部をスキマ2.7mmでコリメートすることによって形成される。このようなガス導入系では、例えば、ノズルの直径とスキマ2.7mmの距離を1mmにし、1気圧程度の圧力をテフロン管からノズルを供給した場合、中心から1mm離れた位置におけるガス流束は中心部の1/1.3以下に減少する。この系を用いて、数十cm離れた位置から、添加ガスを基板上に用いて流した場合、平均自由行程が数cmと長い。ラバーブランセルまでノズルを向かせると衝撃が無視できること条件下では、導入ノズルから大部が基板に供給される。さらに、添加ガ

$\theta = 45^\circ$  の角度で基板 1 に入射させ、その反射率に純反射板 3 を設け、基板 1 から反射して添加ガスを基板方向に反射させることで、導入ガスを高効率で基板 1 に添付することができる。また、基板背面に上記の放物面状の反射板 3 を設け、反応生成物 9 を効率良く排気口 10 に輸送することで、反応生成物の滞留を軽減できる。本装置でも、図 1 とほぼ同様、アーチの添加効果が得られる。

#### 【0042】

【発明の効果】本発明によれば、側壁保護膜やエッチングアーチ等の吸着量の微原子層レベルで制御可能となり、垂直性のエッチングを行なえる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による廃ガス添加マイクロ波アーチエッキング装置の説明図。

#### 【図 2】ガス添加装置の一次元モデルの説明図。

【図 3】 $w = 1 \text{ cm}$ ,  $h = 3 \text{ cm}$ ,  $l = 4 \text{ inch}$ ,  $\theta = -2.7^\circ$  の場合の基板上でのガス入射量の分布図。

【図 4】 $w = 1 \text{ cm}$ ,  $h = 3 \text{ cm}$ ,  $l = 4 \text{ inch}$  の場合の平均一度の仰角  $\theta$  依存性を示す説明図。

#### 【図 5】不均一度が極めてなる場合の $\theta$ およびガス導入

位置基板中心を用いた場合について、その関係を示す特性図。

【図 6】不均一度の極値および、その時、基板中心でのガス入射量を示す特性図。

【図 7】アーチエッキング装置を用いてガス添加ガスの特性図。

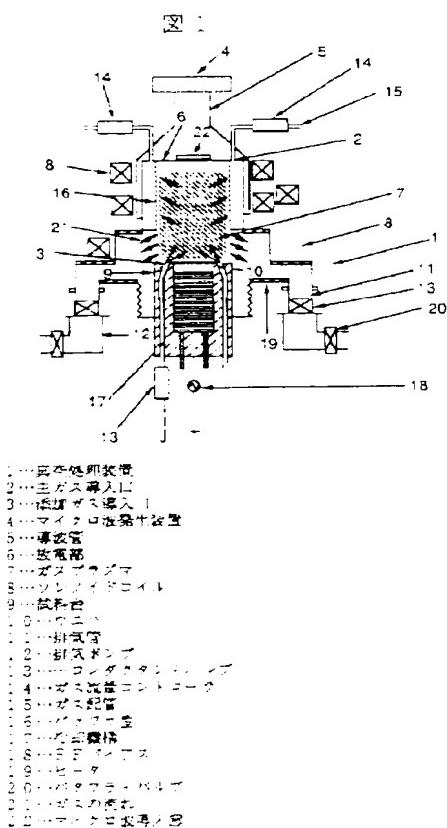
【図 8】図 7 に示した装置で、アーチエッキング装置を CFS として、 $S_1$  を二重シールした場合のガス添加量とアーチエッキング量の関係を示す特性図。

【図 9】添加ガス導入口と基板との距離  $x$  とアーチエッキング量の関係を示す説明図。

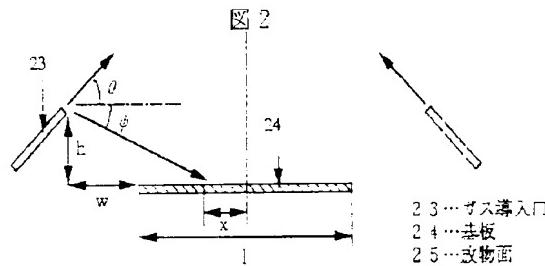
#### 【符号の説明】

1…真空処理装置、2…モジュラ導入口、3…添加ガス導入口、4…マイクロ波発生装置、5…導波管、6…放電部、7…ガスプロセッサー、8…ソレノイドコイル、9…試料台、10…排気口、11…排氣音、12…排氣ホルダ、13…コンダクタンスバルブ、14…ガス流量コントローラ、15…ガス配管、16…バッファ室、17…冷却機構、18…RFハイアス、19…ヒータ、20…バタフライバルブ。

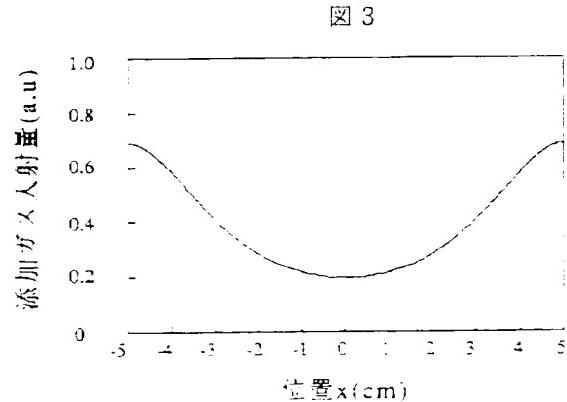
【図 1】



【図 2】

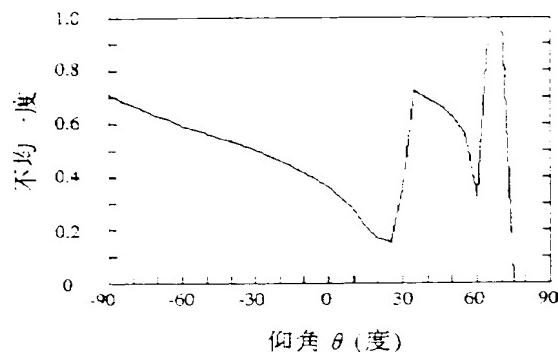


【図 3】



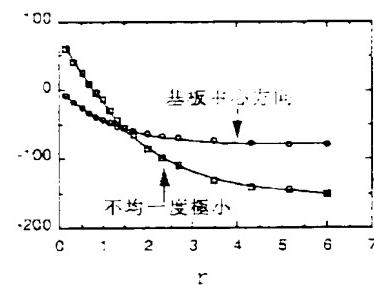
【図 4】

図 4



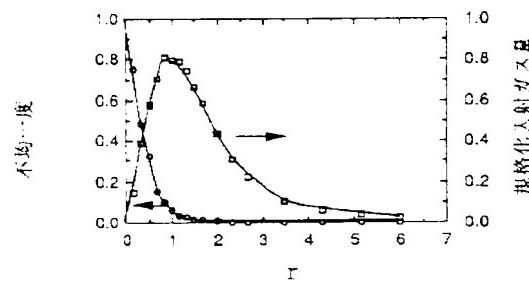
【図 5】

図 5



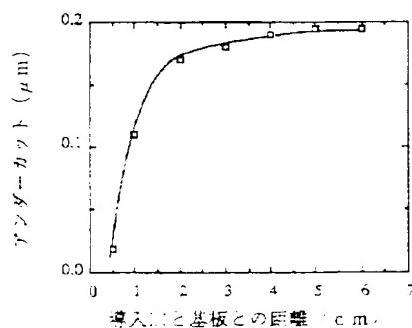
【図 6】

図 6



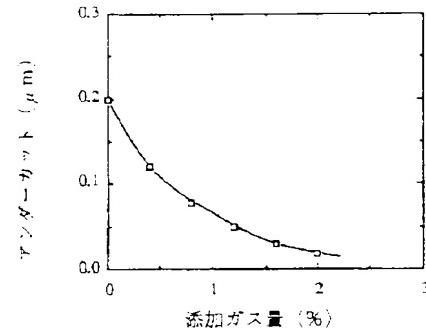
【図 8】

図 8

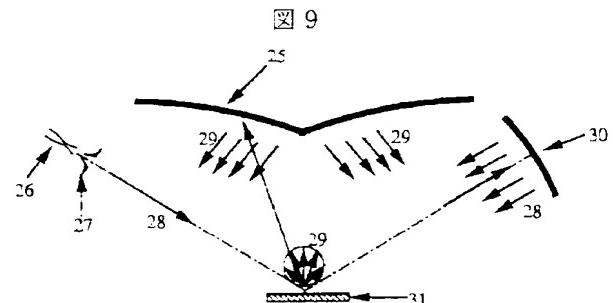


【図 7】

図 7



【図 9】



- 25 ... ラバブルノズル
- 26 ... スキマ
- 28 ... 入江ガスの流れ
- 29 ... 反応生成物の流れ
- 30 ... 基板

「ヨリノハタケ」の続き

7) 全明者 田丸一郎

東京都墨田区東向島2丁目15番地  
株式会社日本製油所中央研究所